

# **DETERMINACIÓ DE PARÀMETRES VEGETATIUS AMB UN SISTEMA LIDAR TERRESTRE, A PARTIR DE LA GENERACIÓ DE MODELS TRIDIMENSIONALS D'ARBRES FRUITERS.**

**Jordi Llorens<sup>1</sup> (\*), Joan R. Rosell<sup>1</sup>, Ricardo Sanz<sup>1</sup>, Alexandre Escolà<sup>1</sup>, Jordi Palacin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departament d'Enginyeria Agroforestal de la Universitat de Lleida.

<sup>2</sup>Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial de la Universitat de Lleida.

\*Contacte autor: Jordi Llorens Calveras. Departament d'Enginyeria Agroforestal de la Universitat de Lleida. Avinguda Rovira Roure, 191. 25198 Lleida Tel: +34 973702536, Fax: +34 973702673, Correu-e: jlllorens@eagrof.udl.cat

## **Resum:**

El treball i estudi amb el sensor làser LMS200 de la casa SICK, ha permès l'adquisició de dades a camp de diferents plantacions de fruiters. Aquest làser terrestre es basa en la tecnologia LIDAR (Light Detection and Ranging). El sensor estima la distància a la qual es troba l'objecte mesurant el temps que tarda en rebre el rebot del raig enviat. Treballant amb aquest sistema 2D, i controlant una sèrie de variables (velocitat d'escaneig, elements de referència, etc.), podem caracteritzar un cultiu arbori a partir de la generació d'un model tridimensional de l'arbre. Aquest sistema no destructiu, pot ser adaptable a molts tipus de cultius arboris.

Els estudis actuals en la determinació de paràmetres vegetatius, s'han centrat en la determinació del LAI, dimensions de la copa, superfície de fulles i volum de vegetació. Les aplicacions del sistema poden ser: ajust de dosi en aplicacions de fitosanitaris, estudi de plantacions, estudi de l'evolució de la vegetació durant la temporada, etc.

## **1 Introducció.**

La present comunicació és el resultat dels últims cinc anys de treballs realitzats al Grup de Recerca "Agricultura de precisió, agròtica i agrotecnologia" reconegut per la Generalitat de Catalunya per la resolució UNI/1022/2005 del 6 d'Abril de 2005, en el sí del Departament d'Enginyeria Agroforestal de la Universitat de Lleida

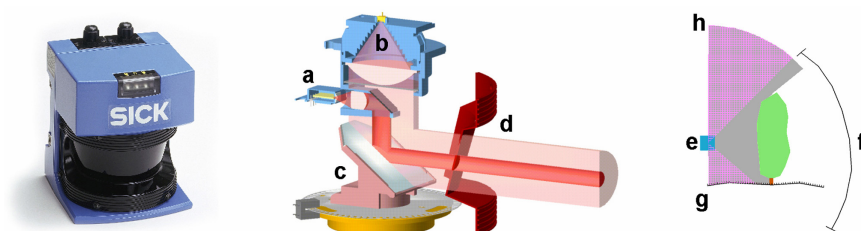
Al llarg d'aquest cinc anys s'han realitzat treballs centrats en la determinació de paràmetres vegetatius per tal d'ajustar posteriors tractaments fitosanitaris. Aquest treballs s'han basat en la utilització de dos tipus de sensors, sensors d'Ultrasons i sensor LIDAR. Els resultats amb el sensor Làser són els que es presenten en aquesta comunicació.

L'eina que s'ha desenvolupat és un sistema complet equipat amb un sensor LIDAR terrestre capaç d'escanejar plantacions arbòries per tal d'obtenir un model tridimensional de l'arbre. Aquest model tridimensional permet fer mesures sobre la vegetació escanejada obtenint paràmetres d'aquesta (LAI-*Leaf Area Index*, dimensions de la copa, superfície de fulles i volum de vegetació,...).

L'evolució del sistema complet ha de permetre obtenir en el futur una eina compacta capaç d'embarcar-se en maquinària agrícola i fer mesures de la vegetació a temps real, podent així ajustar posteriors tractaments fitosanitaris. En futures evolucions del sistema es preveu equipar-lo amb un sensor GPS per tal de crear mapes de vegetació per a tractaments i l'anàlisi de les variables de la plantació.

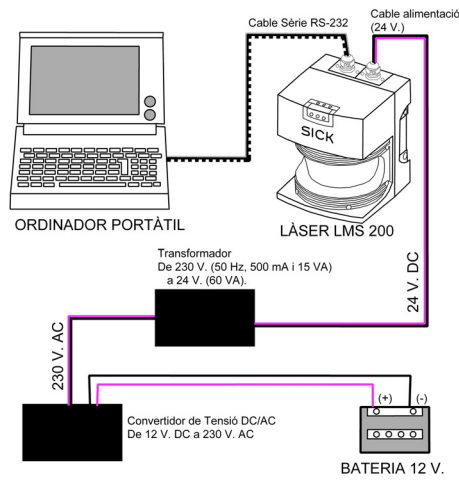
## 2 Material i mètodes.

En el desenvolupament d'aquesta investigació s'ha utilitzat el sensor LMS 200 (Figura nº I), un escàner làser LIDAR (**L**ight and **D**etection **R**ange) terrestre de baix cost, fabricat per l'empresa SICK. Es tracta d'un escàner làser amb un interval angular màxim d'escombrat de 180° i una resolució angular, seleccionable per l'usuari, que pot variar entre 0.25°, 0.5° i 1°. La precisió de mesura de distància és de  $\pm 1,5$  cm. El sensor calcula la distància a la qual es troba l'objecte mesurant el temps que tarda en rebre el eco del raig enviat (en anglès, *time-of-light principle*).



**Figura nº I.** Sensor Làser LMS 200 de la casa SICK (Esquerra). Diagrama dels elements interns del sensor (Centre), **a:** emissor, **b:** receptor **c:** mirall rotatori i **d:** visera frontal. Rang d'escaneig del sensor configurable (Dreta) segons la vegetació, **e:** Sensor LIDAR, **f:** Rang d'escaneig configurable **g:** Angle d'escaneig 180° i **f:** Angle d'escaneig 0°.

Aquest sensor s'ha integrat en un equip complet que permet el seu funcionament autònom a camp. El diagrama que defineix tots els elements que componen el sistema és el que es mostra a la figura nºII.



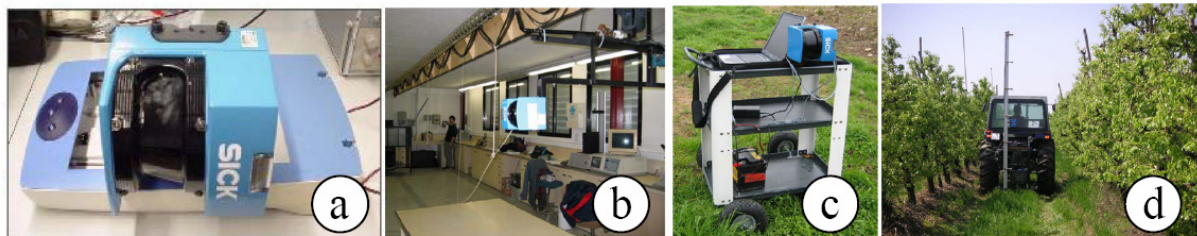
**Figura nº II.** Components del sistema d'adquisició basat en el Làser LMS200.

- *Muntatge i connexió Làser LMS 200, software.*

El sensor Làser estarà sempre connectat a una font d'alimentació fixa (24 V.) i a un ordinador que emmagatzemarà totes les dades recollides. L'entrada de dades a l'ordinador portàtil es realitza pel Port Sèrie RS-232, configurable a diferents velocitats d'entrada de dades. (4'8 Kbs, 9'8 Kbs i 38'4 Kbs).

Com a plataforma de desenvolupament i control del dispositiu es va escollir MATLAB® 6.5, per la seva facilitat de tractament gràfic processament numèrics i connexió via port sèrie.

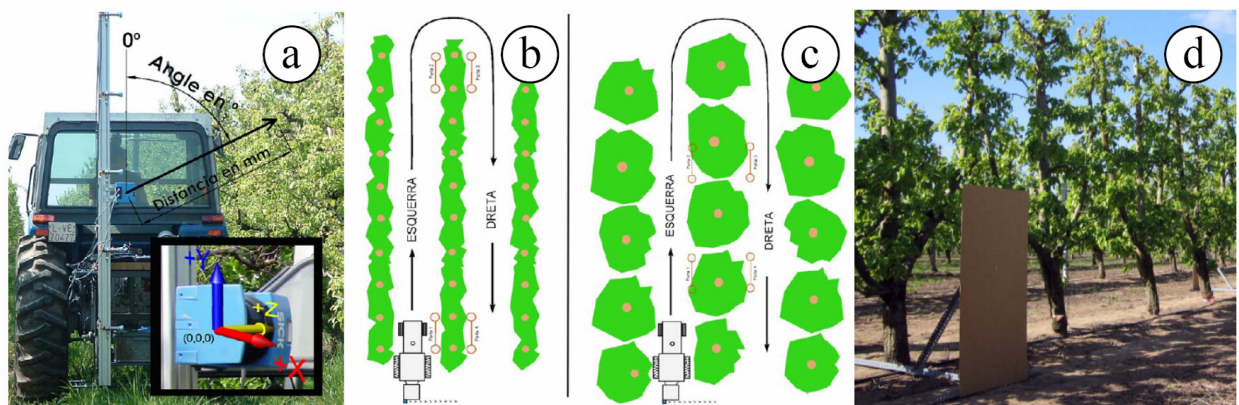
Al llarg d'aquest cinc anys de recerca el dispositiu de mesura ha experimentat diverses modificacions per aconseguir l'equip actual el qual s'utilitza per a l'adquisició de dades a camp. Aquesta evolució la podem veure graficada en la Figura nº III. Inicialment es va configurar el sensor LIDAR mitjançant el muntatge en un escàner de sobretaula (Fig. III-a), aquest muntatge va permetre la programació del sensor i l'escaneig de petits objectes.



**Figura nº III.** Evolució del sistema complet LIDAR. **a)** Làser en escàner de sobretaula **b)** Làser en carril de Laboratori, **c)** Carretó de desplaçament manual **d)** Muntatge en estructura metàl·lica adaptable a l'acoplament tripuntal d'un tractor.

Davant la necessitat de fer proves reals del sistema en laboratori abans de començar a fer passades directament a camp, es va optar per muntar un sistema complet semblant al sistema que s'utilitzaria en el camp (Figura nº III.b). A partir d'una sèrie d'escanejades a un arbre ornamental (*Ficus Benjamina Variegata*) abans i després de treure'n les fulles per superficiar-les. Aquestes escanejades es van realitzar en diferents configuracions per tal de poder avaluar que el sistema és capaç de veure i mesurar els objectes reals. A més a més el muntatge de tot sistema ens va permetre fer una posada a punt i comprovar que totes les connexions funcionen correctament. Posteriorment es va realitzar un estudi previ de les escanejades per tal de comparar-les amb les dades de superfície de fulles. Aquest primer estudi va representar una primera aproximació entre els punts llegits per el Làser LMS 200 i les magnituds reals de l'arbre ornamental (nº de fulles, superfície, mides de l'arbre i de l'estructura que el contenia, etc..).

Un cop comprovat el sistema a laboratori es va procedir a fer les primeres proves a camp amb el carretó (Fig. III-c), un sistema més autònom i mòbil. Posteriorment aquest sistema es va muntar en una plataforma acoblada al tripuntal del tractor (Fig. III-d), i es van realitzar mesures en parcel·les de plantacions arbòries reals (fruiters, cítrics i vinya). El dispositiu permet transportar l'escàner làser LMS 200, amb la possibilitat de modificar la seva altura respecte el terra. Les passades s'han realitzat abans i després de treure les fulles de determinats arbres, per tal de poder-ne mesurar la superfície foliar i poder determinar paràmetres vegetatius. Aquestes mesures reals es podran relacionar posteriorment amb les dades obtingudes amb el sensor.

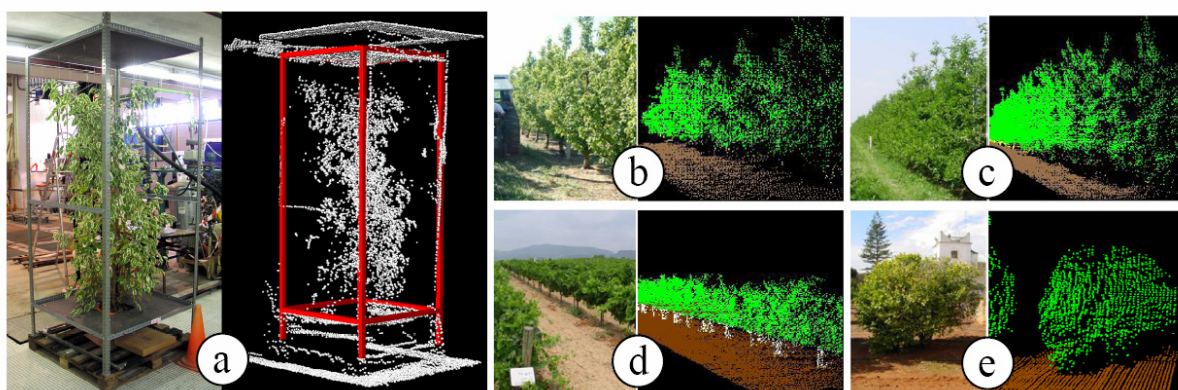


**Figura nº IV.** Protocol d'escaneig a camp. **a)**Format de lectura del sensor LIDAR, distància en mm i angle en graus sexagesimals, **b)** Esquema d'escaneig en plantacions de pera i de poma, **c)**Esquema d'escaneig en plantacions de cítrics, **d)** Element de referència, portes de referència, pel solapament a posteriori de les passades.

En les lectures sobre la vegetació a camp es va realitzar l'escaneig de la plantació per les dues bandes de la filera d'arbres (Fig. IV-b-c), aquest escaneig mitjançant uns elements de referència, portes de referència (Fig. IV-d), va permetre ajustar en el model tridimensional de l'arbre generat a partir de la visió de les dues bandes. Aquest solapament d'informació es realitza mitjançant un post procés, a laboratori, dels núvols de punts obtinguts en l'escaneig.

### 3 Resultats i discussió.

Alguns dels models tridimensionals dels arbres escanejats són els que es mostren a continuació. En primer lloc hi podem veure el model tridimensional de l'arbre ornamental escanejat a laboratori, la resta de models tridimensionals corresponen a plantacions reals (Poma, Pera, Vinya i Cítrics).



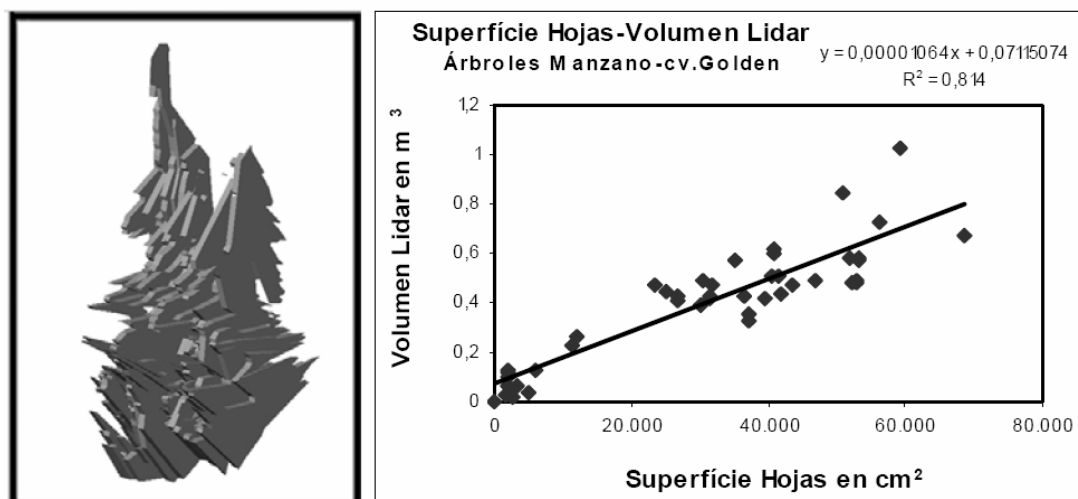
**Figura nº V.** Models tridimensionals dels arbres escanejats. **a)** Arbre ornamental escanejat a Laboratori **b)** Model tridimensional d'una fila de Pereres, **c)** Model tridimensional d'una fila de Pomes, **d)** Model tridimensional d'una fila d'una plantació de Vinya, **e)** Model tridimensional d'una fila d'una plantació de Cítrics.

Alguns dels càlculs numèrics que s'han realitzat per tal de determinar paràmetres vegetatius a partir de la informació que compren el núvol de punts generat pel sensor LIDAR, són els següents:

- Anàlisi polar*, utilitzant la metodologia proposada per *Walklate et Al.* (2002).
- Anàlisi cartesià*, tot calculant un volum mitjançant programació en Autocad®.
- Anàlisi d'ombres dels impactes*, a partir de la generació de l'ombra de cada un dels impactes respecte el centre de la fila, es relaciona amb la superfície foliar (*Palacin et Al.* 2006).

Utilitzant la informació obtinguda per les dues bandes de la zona escanejada obtenim el volum del núvol de punts generada pel sensor LIDAR. A partir d'aquest núvol de punts és possible calcular-ne un volum (*Anàlisi cartesià*) el qual relacionem amb la superfície foliar obtinguda per defoliació manual dels arbres. Aquesta defoliació no és global, si no que es fa

en diferents sectors de dimensions conegudes. En la següent figura (Fig nº VI), tenim relacionats la superfície foliar de cada sector amb el volum Lidar calculat. La informació que hi apareix correspon als sectors de set pomeres (Golden) defoliades en edats diferents i en estadis vegetatius diferents. Tot i la heterogeneïtat dels arbres obtenim una bona correlació entre volum LIDAR i superfície foliar ( $R^2=0.814$ ).



**Figura nº VI.** Volum obtingut a partir del núvol de punts general pel sensor Lidar utilitzant la programació amb Autocad®. (Esquerra). Correlació entre volum Lidar i superfície Foliar (Dreta).

#### 4 Agraïments.

La corresponent recerca ha sigut finançada pel projecte concedit per la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología), sota el codi d'identificació Nº. AGL2002-04260-C04-02.

#### 5 Referències bibliogràfiques.

- WALKLATE, P. J.; CROSS, J. V.; RICHARDSON, G. M.; MURRAY, R. A.; BAKER, D. E. (2002). «Comparison of different spray volume deposition models using LIDAR measurements of apple orchards». *Biosystems Engineering*, 82 (3), p.253-267.
- WEI, J.; SALYANI, M. (2004). «Development of a laser scanner for measuring tree canopy characteristics: Phase I. Prototype development». *Transactions of the ASAE*, 47(6), p. 2101-2107.
- SANZ, R. ; PALACIN, J. ; SISÓ, J.M. ; RIBES, M. ; MASIP, J. ; ARNÓ, J. ; LLORENS, J. ; VALLÉS, J.M. ; ROSELL, J.R. 2004. «Advances in the measurement of structural characteristics of plants with a LIDAR scanner. Leuven (Belgium) ». *Book of Abstracts of the AgEng 2004 Conference*, Paper No 277 p. 400-401.
- PALACIN J.; SALSE J.A.; SANZ R.; RIBES-DASI M.; MASIP J.; ARNÓ J.; LLORENS J.; VALLES J.M.; ESCOLÀ A.; MASSANA P. ; CAMP F.; SOLANELLES F.; ROSELL J.R. (2006). «Real-Time Tree Foliage Estimation Using a Ground Laser Scanner ». *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Sorrento, Italy. P. 1227-1232.

LMS 200/211/220/221/291 Laser Measurement Systems: Technical Description. Sick AG. Germany.